

# ANALISIS DEFORMASI VERTIKAL DAN HORIZONTAL TANAH LUNAK DI BAWAH PILED-GEOGRID SUPPORTED EMBANKMENT

## *Analysis of Horizontal and Vertical Deformation of Soft Soil Below Piled-Geogrid Supported Embankment*

A. Adhe Noor Patria SH<sup>#1</sup>

adhe\_noorpatria@yahoo.co.id

*Jurusan Teknik, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto* Afiliasi penulis2

**Abstract**— Soft soil was easily founded in Indonesia. it was a low permeability soil. Constructing building such as embankment, roads on this kind of soil often faced problems. They were long term settlement, long term construction time and consolidation. Some method could be good alternative to overcome these problems such the usage of vertical drains, soil reinforcement, or soil stabilization. This research carried out numerical simulation on piled-geogrid supported embankment. The simulation used Plaxis version 7.2 software to calculate some iterations. Used in this software as soil parameter input was Mohr-Coulomb Soil Model. Plane strain model was used for floating piles and geogrid. The results showed that the usage of floating piles and geogrid could reduce soil deformation. The reduction in horizontal deformation during constructing embankment were 60 to 68 % for rigid embankment and 80 to 60 % for interface embankment. Meanwhile the reduction in vertical deformation during constructing embankment were 60 to 65 % for rigid embankment and 80 to 65 % for interface embankment..

**Keyword**— floating piles, geogrid, rigid embankment, interface embankment.

### PENDAHULUAN

Tanah lunak sering menimbulkan berbagai kendala selama pembangunan konstruksi, sebagai contoh adalah tanah lunak di sepanjang jalan raya Kendal – Kaliwungu, Semarang. Konstruksi yang didirikan di atas tanah ini; seperti embankment jalan raya atau jalan rel; sering mengalami kendala seperti waktu konsolidasi yang cukup lama, sukarnya pemadatan tanah, ketidak stabilan lereng timbunan (embankment) dan tingkat penurunan jangka panjang yang besar.

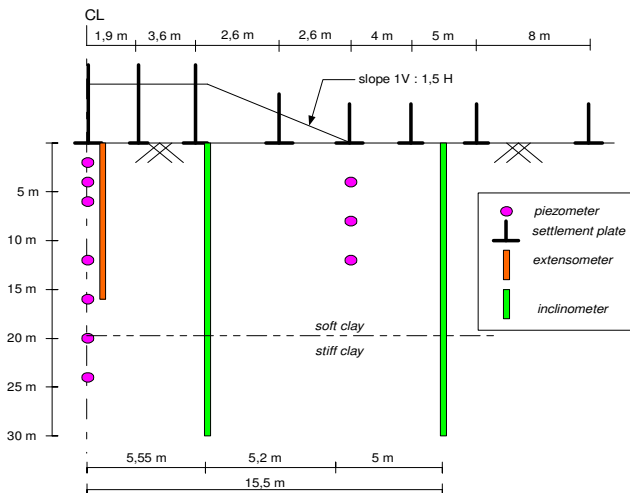
Salah satu karakter tanah lunak yang sangat berpengaruh pada pelaksanaan maupun setelahnya (pasca konstruksi) adalah konsolidasi. Konsolidasi berkaitan erat dengan komposisi, kondisi dan permeabilitas tanah itu sendiri. Menurut Das (1985) besarnya nilai koefisien permeabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekentalan cairan, distribusi ukuran pori, distribusi ukuran butir, angka pori, kekasaran permukaan butiran tanah dan derajat kejenuhan tanah. Pengaruh lebih lanjut dari konsolidasi adalah terjadinya perpindahan partikel tanah sehingga mengakibatkan penurunan jangka panjang tanah dasar yang cukup besar dan menimbulkan ketidak stabilan konstruksi. Salah satu cara mengatasi kondisi tersebut adalah dengan memberi perkuatan tanah dasar embankment dengan geogrid dan tiang vertikal (pile). Penggunaan perkuatan (reinforcement) ini diharapkan dapat mengurangi tingkat perpindahan horisontal dan vertikal tanah dasar sehingga lebih lanjut dapat

mengurangi nilai penurunan tanah dasarnya. Analisis terhadap perilaku geogrid – piled supported embankment dilakukan secara numeris dengan menggunakan software Plaxis versi 7.2. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi numeris embankment tanpa perkuatan (non reinforced embankment) yang telah divalidasi dengan hasil pengukuran riil deformasi vertikal dan horizontal tanah dasar di lapangan.

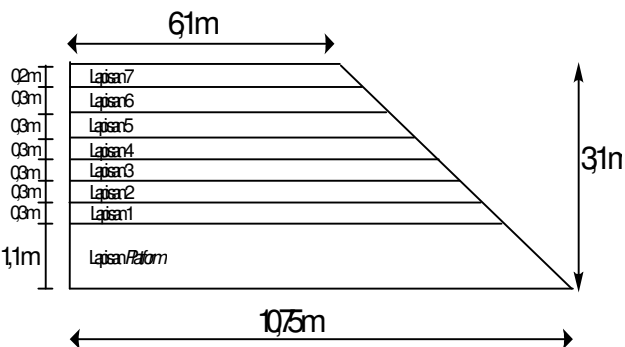
### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi numeris menggunakan software geoteknik Plaxis versi 7.2. Software ini dapat digunakan untuk menganalisis defromasi serta karakter tanah dan batuan dalam model Plain Strain dan Axissymetry. (Brinkgreeve, 1998). Data yang digunakan dalam simulasi numeris merupakan interpretasi data sekunder hasil pengukuran alat inclinometer dan settlement plate dan data desain terutama untuk geogrid dan floating pile. Posisi alat ukur inclinometer dan settlemet plate dapat dilihat pada Gambar 1.

Model konstruksi non reinforced embankment terdiri atas 8 lapis pemadatan dengan ketebalan masing-masing lapisan 0,3 m kecuali pada lapis dasar embankment setebal 1,1 m. Model konstruksi embankment yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Posisi Alat Ukur di Lapangan (Sumber : Balai Geoteknik Jalan, 2002)



Gambar 2 Model Non Reinforced/Normal Embankment

Pelaksanaan konstruksi riil di lapangan mempertimbangkan pula kebutuhan konsolidasi untuk setiap lapis tanah timbunan. Durasi konsolidasi dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1 DURASI KONSTRUKSI DAN KONSOLIDASI SETIAP LAPISAN EMBANKMENT

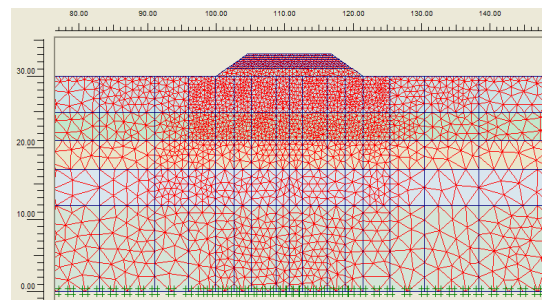
Lapisan	Konstruksi (hari)	Konsolidasi (hari)
Platform	1	13
1	1	13
2	1	3
3	1	38
4	1	22
5	1	2
6	1	2
7	1	2

Tipe material yang digunakan dalam simulasi numeris merupakan Mohr-Coulomb Model sedangkan nilai input material tanah dasar dan tanah embankment dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

TABEL 2 PARAMETER INPUT TANAH DASAR

Depth (m)	$\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
0 – 5	6,82	13,45	500	9,9	2,4
5 – 9	7,48	14,64	500	10,2	2,5
9 – 13	7,117	13,584	600	11,5	4
13 – 18	8,814	15,397	600	8,5	7,6
18 – 30	8,162	14,81	750	14,2	4,7

Nilai permeabilitas tanah dasar arah horizontal ( $k_x$ ) dan vertikal ( $k_y$ ) adalah sebesar  $4,64 \cdot 10^{-4}$  m/hari dan  $3,09 \cdot 10^{-4}$  m/hari sampai kedalaman 9 m dan sebesar  $8,73 \cdot 10^{-5}$  m/hari dan  $5,82 \cdot 10^{-5}$  m/hari untuk kedalaman 9 – 18 m, sedangkan kedalaman 18 – 30 m sebesar  $6,54 \cdot 10^{-6}$  m/hari dan  $4,36 \cdot 10^{-6}$  m/hari. Sedangkan Poisson's Ratio sebesar 0,3 serta sudut dilatasi sebesar 0°. Model konstruksi non reinforced embankment dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Model Non Reinforced (Normal) Embankment

Nilai input tanah timbunan (non reinforced/normal embankment) dalam simulasi numeris dapat dilihat pada Tabel 3. Permeabilitas tanah dasar pada arah horizontal ( $k_x$ ) dan vertikal ( $k_y$ ) sebesar  $6,48 \cdot 10^{-4}$  m/hari dan  $4,32 \cdot 10^{-4}$  m/hari, sedangkan modulus elastisitas (E) dan poisson's ratio ( $\nu$ ) untuk semua lapisan digunakan 5000 kPa dan sebesar 0,3. Kohesi tanah timbunan (c) digunakan 13 kPa, sedangkan sudut gesek internal tanah ( $\phi$ ) sebesar 29,5o dan sudut dilatasi ( $\psi$ ) sebesar 0°.

TABEL 3 PARAMETER INPUT TANAH TIMBUNAN

Tebal Layer (m)	$\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> )
1,1	17,194	20,372
1,4	12,544	16,01
1,7	15,681	19,629
2,0	13,346	16,955
2,3	13,384	17,717
2,6	13,14	17,357
2,9	14,24	18,707
3,1	13,116	17,289

Konstruksi piled-geogrid supported embankment menggunakan kombinasi antara geogrid dan fondasi tiang tipe floating piles. Floating piles dan pile cap yang digunakan terbuat dari beton dengan  $f'_c = 30$  MPa dan memiliki modulus elastisitas ( $E$ ) sebesar 25742,96 MPa. Floating piles berjumlah 20 buah, memiliki panjang 13 m dan diameter 0,18 m, sedangkan pile cap memiliki ukuran sisi 0,5 m x 0,5 m dan tebal 0,25 m. Poisson's ratio yang digunakan untuk beton sebesar 0,15. Jarak antar floating piles (pusat ke pusat) sebesar 1 m.

Material floating piles dan pile caps menggunakan material elastic dengan poisson's ratio sebesar 0,15, sedangkan parameter input lain disajikan pada Tabel 4.

TABEL 4 PARAMETER INPUT FLOATING PILES DAN PILE CAPS

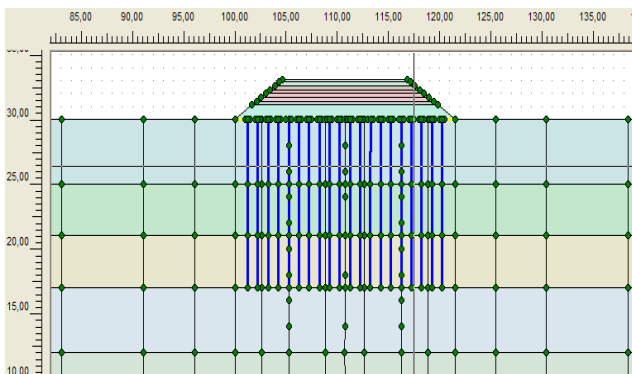
No	Type	EA (kN/m)	EI (kN/m) $10^4$	d (m)	w (kN/m/m)
1.	Pile caps	$6,436 \cdot 10^6$	$6,704 \cdot 10^4$	0,354	0,031
2.	Floating Piles	$6,553 \cdot 10^5$	$1,327 \cdot 10^3$	0,156	$7 \cdot 10^{-3}$

Sedangkan parameter input geogrid yang digunakan dalam simulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

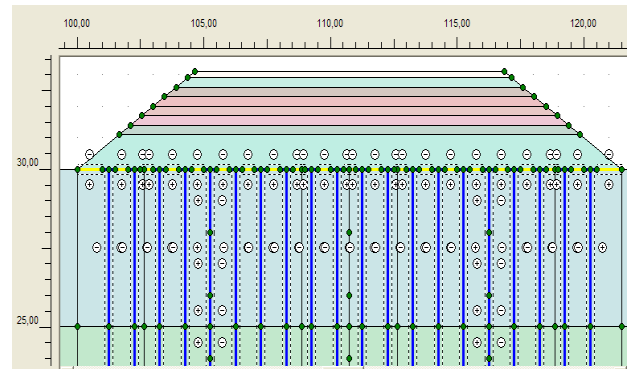
TABEL 5 PARAMETER INPUT GEOGRID

Parameter Bahan	Nilai
EA	1000 kN/m

Model piled-geogrid supported embankment yang digunakan dalam simulasi menggunakan 2 tipe yaitu rigid dan interface. Aplikasi interface pada interface embankment menggunakan Rinter sebesar 0,75, nilai ini hanya diaplikasikan pada tanah timbunan dengan tebal 1,1 m dan tanah dasar pada kedalaman 0 m - 13 m. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



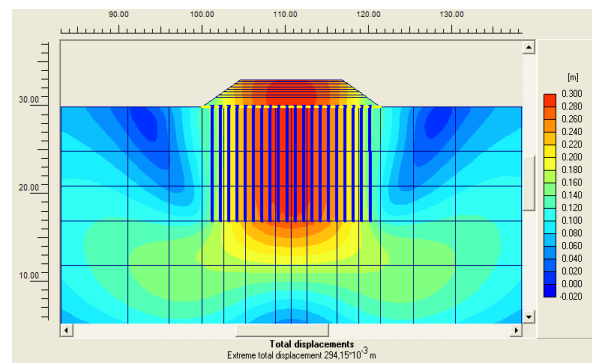
Gambar 4 Piled-Geogrid Supported Embankment (Rigid Embankment)



Gambar 5 Piled-Geogrid Supported Embankment (Interface Embankment)

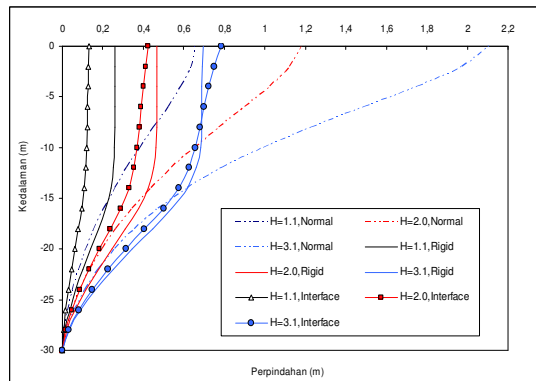
## HASIL PENELITIAN

Aplikasi perkuatan (reinforcement) yang berupa floating piles dan geogrid pada tanah dasar (clay) di bawah embankment dapat mengurangi terjadinya deformasi berlebih pada tanah dasar sehingga dapat meningkatkan stabilitas konstruksi embankment tersebut dalam menahan beban yang bekerja baik beban akibat berat sendiri maupun akibat beban luar. Perpindahan yang terjadi pada tanah dasar yang diperkuat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perpindahan total tanah dasar embankment yang diperkuat geogrid dan floating piles

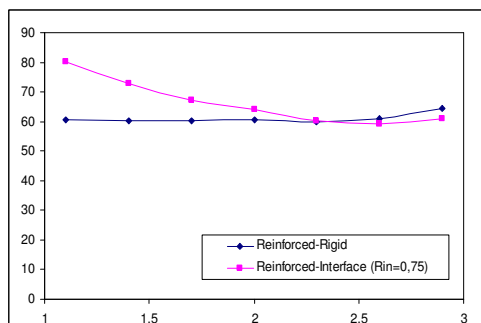
Penerapan geogrid dan floating piles mereduksi deformasi tanah cukup besar. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada awal konstruksi (tinggi timbunan  $H=1,1$  m), perpindahan horisontal tanah dasar timbunan tanpa perkuatan (non-reinforced embankment) sebesar 0,659 m sedangkan dengan adanya reinforcement perpindahan tersebut tereduksi hingga menjadi sebesar 0,2599 m pada rigid embankment dan sebesar 0,1307 m pada interface embankment untuk kedalaman 0,0 m (pada dasar embankment).



Gambar 7 Perpindahan horisontal tanah dasar embankment.

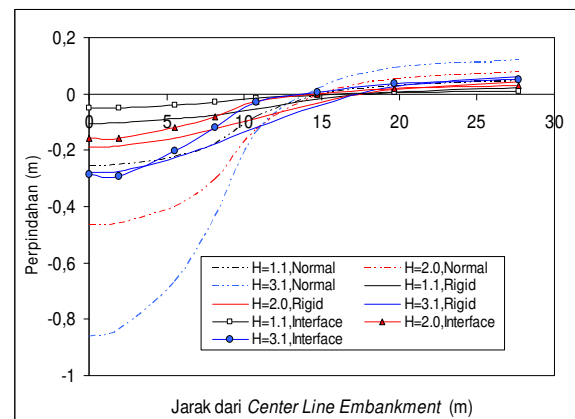
Pada saat ketinggian timbunan mencapai 3,1 m, perpindahan horisontal hasil simulasi numeris terhadap non reinforced/normal embankment adalah sebesar 2,1083 m. Pada reinforced embankment, perpindahan tersebut tereduksi menjadi sebesar 0,6953 m pada rigid embankment dan sebesar 0,7866 m pada interface embankment. Pada kedalaman kurang dari 15 m, perpindahan horisontal pada reinforced embankment lebih kecil daripada non reinforced embankment (normal embankment). Kondisi ini dapat terjadi karena pada reinforced embankment, beban embankment ditahan oleh geogrid dan kemudian disalurkan ke tanah dasar melalui floating piles sehingga pengaruh beban embankment terhadap tanah dasar bagian permukaan cukup kecil.

Secara umum dapat dikatakan terjadi reduksi perpindahan horisontal selama pelaksanaan pembangunan timbunan dengan perkuatan (reinforced embankment), hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Aplikasi interface pada model perkuatan embankment menghasilkan reduksi perpindahan horisontal yang lebih besar pada tahap awal penimbunannya, akan tetapi semakin tinggi timbunan, maka reduksi yang terjadi mengalami penurunan. Penurunan reduksi terjadi karena semakin tinggi timbunan, maka beban yang bekerja semakin besar, sehingga gelincir (slip) yang terjadi antara tanah dan perkuatan semakin besar pula.



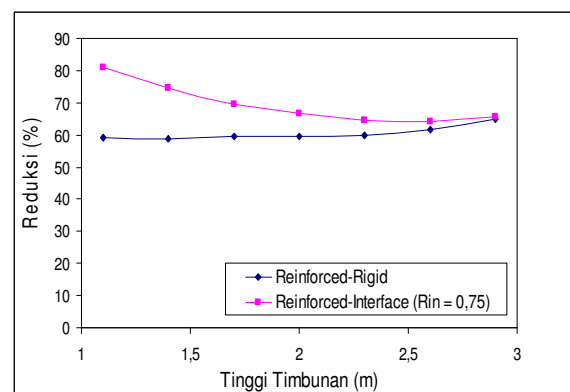
Gambar 8 Persentase reduksi perpindahan horisontal tanah dasar embankment.

Kondisi yang hampir sama juga dapat dilihat pada Gambar 9. Pada tahap awal penimbunan ( $H=1,1\text{m}$ ), perpindahan vertikal yang terjadi pada dasar timbunan hasil simulasi numeris terhadap normal embankment menunjukkan hasil yang cukup berbeda dengan reinforced embankment yaitu sebesar  $-0,2545\text{ m}$  untuk non reinforced (normal) embankment,  $-0,1043\text{ m}$  untuk rigid embankment dan  $-0,0484\text{ m}$  untuk interface embankment. Pada saat ketinggian timbunan mencapai 3,1 m, perpindahan vertikal yang terjadi pada dasar non reinforced embankment adalah sebesar  $-0,8604\text{ m}$  sedangkan pada dasar reinforced embankment sebesar  $-0,2797\text{ m}$  untuk rigid embankment dan sebesar  $-0,2849\text{ m}$  untuk interface embankment.



Gambar 9 Perpindahan vertikal tanah dasar embankment.

Secara umum dapat kita amati bahwa dengan adanya floating piles dan geogrid sebagai perkuatan tanah lunak (clay) maka terjadi reduksi perpindahan vertikal pada setiap tahap pembangunan embankment, hal ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Persentase reduksi perpindahan vertikal pada center line dasar embankment.

Perkuatan embankment yang berupa kombinasi floating piles dan geogrid umumnya digunakan sebagai

alternatif perkuatan tanah ketika tanah dasar yang berupa tanah lunak (clay) tersebut terbebani. Aplikasi perkuatan ini sangat membantu dalam meningkatkan stabilitas konstruksi salah satu diantaranya adalah dengan mengurangi besarnya deformasi yang mungkin terjadi pada tanah dasar.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi numeris untuk deformasi horisontal dan vertikal tanah dasar di bawah piled-geogrid supported embankment memberi beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Penggunaan reinforcement berupa kombinasi geogrid dan floating piles di bawah embankment dapat mengurangi deformasi horisontal dan vertikal tanah dasar.
- b. Reduksi perpindahan vertikal dan horizontal antar rigid dan interface embankment memberi hasil sedikit berbeda pada saat tinggi timbunan rendah. Namun saat tinggi timbunan mencapai standar yang diinginkan (3,1 m) maka nilai reduksi perpindahan mendekati sama.

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut antara lain :

- a. Penggunaan model elemen hingga untuk tanah yang lebih detail dengan tingkat diskretisasi material yang lebih tinggi, seperti soft soil model, soft soil creep model agar hasil yang diperoleh bisa lebih mendekati kondisi asli di lapangan.
- b. Penggunaan alternatif perkuatan lain baik yang lebih sederhana maupun yang lebih kompleks seperti penggunaan geogrid dengan variasi jumlah lapisan perkuatan pada dasar embankment, penggunaan vertical drain untuk mempercepat laju konsolidasi tanah dasar embankment.
- c. Perbandingan dengan output Plaxis dengan output software tanah lain seperti Sigma W atau Slope W agar diperoleh tingkat validitas output yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Balai Geoteknik Jalan, 2002, *Laporan Faktual Pengujian Laboratorium Jalan Lingkar Kaliwungu*, Semarang, Puslitbang Prasarana Transportasi, Departemen Pekerjaan Umum, Ujungberung, Bandung.
- Brinkgreve, R.B.J and Vermeer, P.A., 1998, *Plaxis Version 7*, A.A.Balkema/ Rotterdam/Brookfield/1998, Netherlands.
- Das, B.M., 1985, *Mekanika Tanah*, Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis, Erlangga. Jakarta.